

# MODELO DE GRAN-SEÑAL PARA TRANSISTORES P-HEMT Y MESFET DE MICROONDAS INCLUYENDO EFECTOS OPTICOS

J.M. Zamanillo, C. Navarro, C. Pérez-Vega, A. Mediavilla, A. Tazón

Departamento Ingeniería de Comunicaciones  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
[jose.zamanillo@unican.es](mailto:jose.zamanillo@unican.es)

## ABSTRACT

As an extension of our previous works in the optical-microwave interaction field, this paper shows the result of the research on large signal dynamic behavior (pulsed I/V curves) of AlGaAs P-HEMT (pseudomorphic high electron mobility transistor) devices, in the overall I/V plane, when the incident optical input power is changed. A complete bias and optical power dependent of the large signal model for a P-HEMT is determined from experimental scattering parameters, DC and pulsed measurements. All derivatives of the model shown here are continuous for a realistic description of circuit distortion and intermodulation. Experimental results show very good agreement with the theoretical analysis.

## 1. INTRODUCCIÓN

El espectacular crecimiento de los sistemas ópticos de comunicación, conjuntamente con la capacidad de integración componentes de microondas y ópticos en una misma oblea de semiconductor denominada OMMIC (Optical Microwave Monolithic Integrated Circuit) ha estimulado recientemente el interés sobre los sistemas opto-electrónicos. Hasta ahora, no existía un modelo de HEMT que tuviese en cuenta los efectos ópticos, y esta es la razón primordial por la cual nuestro grupo ha desarrollado el modelo electro-óptico de HEMT presentado en esta comunicación. De forma similar a como ocurre en los transistores MESFET [1], el verdadero comportamiento de gran-señal está gobernado por las curvas I/V pulsadas, las cuales dependen del punto de reposo del dispositivo. Para poder obtener todas las leyes de variación de las propiedades del transistor, se han realizado medidas en régimen de DC, pulsada, así como de parámetros de scattering a diferentes potencias ópticas directamente en la oblea a una familia de transistores HEMT proceso D02AH de Philips con diferentes longitudes de puerta. Para ello se ha utilizado una estación de puntas Cascade SUMMIT 9000, nuestro banco de pulsos TR-105 y el analizador de redes HP8510C.

## 2. PROPIEDADES OPTICAS DE MODELO

El modelo de gran señal propuesto se muestra en la figura 1(a), dicho modelo es valido tanto para transistores HEMT como MESFET. Este trabajo es una generalización del modelo de electro-óptico de MESFET desarrollado por nuestro grupo [2-3] con importantes modificaciones en las fuentes de corriente  $I_{ds}$  e  $I_{gs}$  para dar cuenta el efecto de la iluminación óptica. Además, la fuente  $I_{ds}$  ha sido modificada teniendo en

cuenta los resultados de Allemandi y Bonnaire [4] y de esta manera garantizar la continuidad de las derivadas de la misma y tener en cuenta los posibles efectos de intermodulación. La nueva expresión para la fuente de corriente  $I_{ds}$  viene dada por:

$$I_{ds} = I_{dss} \cdot \left\{ \frac{a \cdot (V_{gi} - V_t) + \log[2 \cdot \cosh[a \cdot (V_{gi} - V_t)]]}{2 \cdot a \cdot |V_t|} \right\}^{(E+K_e \cdot V_{gi})} \cdot (1 + S_s \cdot V_{di}) \cdot \tanh\left(\frac{S_t \cdot V_{di}}{1 - K_g \cdot V_{gi}}\right) + C \cdot V_{di} \quad (1)$$

con:  $V_t = V_{to} + \gamma \cdot V_{di}$

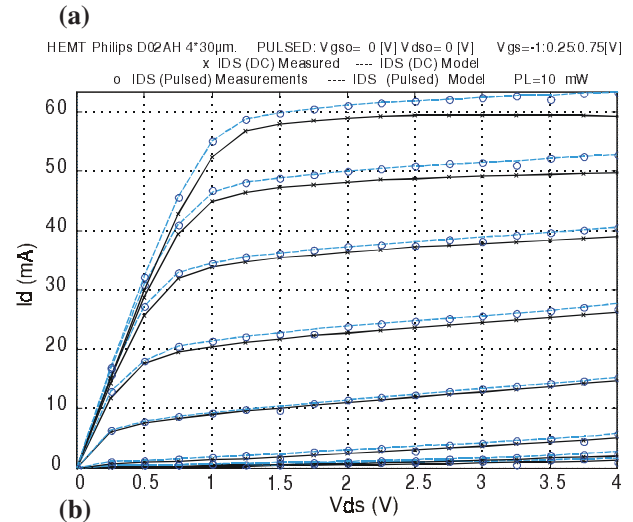
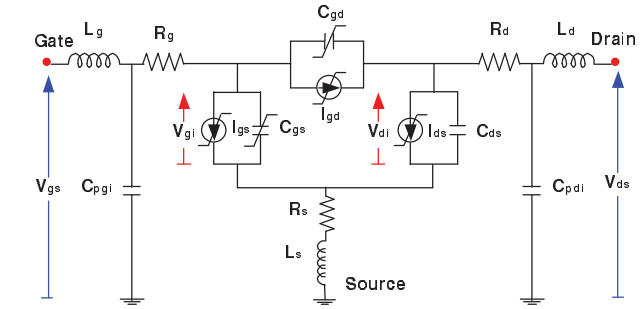


Figura 1.(a) Modelo de gran señal para HEMT/MESFET.  
(b) Comparativa de las curvas I-V medidas y modeladas de DC y pulsadas para un PHEMT de 4x30 μm.

donde  $V_{gi}$  y  $V_{di}$  son los voltajes instantáneos,  $\gamma$ ,  $E$ ,  $S_t$ ,  $K_g$ ,  $a$  y  $b$  son constantes,  $e$ ,  $I_{dss}$ ,  $S_s$ ,  $K_e$ , y  $C$  son parámetros dependientes de la potencia óptica aplicada ( $PL$ ) para poder ajustar el comportamiento de las curvas dinámicas I/V con la

potencia óptica aplicada. La figura 1(b) muestra los valores medidos y modelados de las curvas I/V estáticas y dinámicas para un P-HEMT de 4x30 μm de tecnología PHILIPS D02AH. Ambas curvas, muestran un ajuste casi perfecto con el modelo presentado en la presente comunicación, y han sido medidas bajo una potencia de 10 mW de iluminación láser (PL).

$$C = C_1 \cdot PL \quad (2)$$

$$Ke = Ke_0 + Ke_1 \cdot PL \quad (3)$$

$$Ss = Ss_0 + Ss_1 \cdot PL^{Ss_2} \quad (4)$$

$$Vt0 = Vt0_0 + Vt0_1 \cdot PL^{Vt0_2} + Vt0_3 \cdot PL \quad (5)$$

$$Idss = Idss_0 + Idss_1 \cdot PL^{Idss_2} + Idss_3 \cdot PL \quad (6)$$

Donde este nuevo conjunto de parámetros, C1, Ke0,Ke1, Ss0, Ss1, Ss2, Vt00,Vt01, Vt02 Vt03, Idss0, Idss1, Idss2 and Idss3 son funciones del punto de reposo del transistor. La nueva expresión de la fuente de corriente Ids es válida también para transistores MESFET haciendo los parámetros a=b y C=0. De esta manera el modelo es utilizable tanto para dispositivos MESFET como HEMT. Las capacidades no lineales Cgd y Cgs se modelan mediante las expresiones presentadas en [5]. Además, se ha desarrollado una nueva expresión para la fuente de corriente no-lineal Igs. Esta nueva expresión es la suma de dos términos, uno es la típica expresión Schottky valida para el dispositivo sin iluminación y el segundo tiene en cuenta la corriente inducida por la potencia óptica aplicada:

$$Igs = Igs|_{PL=0} + IgsHL = Igs_0 \left( e^{Igs_1 V_{gi}} - 1 \right) + g_1 \cdot e^{g_2 V_{gi}} \cdot \left( 1 + \frac{g_3 \cdot e^{g_4 V_{gi}}}{1 + g_5 \cdot e^{V_{di}}} \right) \quad (7)$$

donde g2 y g3 solo dependen del tamaño del transistor (longitud de puerta) y no varían con la potencia óptica, pero g1, g4 y g5 presentan variaciones polinómicas y exponenciales con la potencia óptica aplicada (PL). Por otro lado, se asume que tanto la fuente de corriente Igd como la capacidad de salida Cds siguen una expresión lineal. Esto concluye la explicación de todas las no-linealidades del modelo. Los elementos parásitos se extraen de medidas de parámetros de Scattering mediante técnicas convencionales bajo la suposición de que no varían con el punto de polarización y con la potencia óptica aplicada. En la figura 2, se muestra una simulación realizada en ADS entre los parámetros de Scattering medidos y modelados para un PHEMT de 4x30μm polarizado en Vgs=0.25, Vds=2V y PL=2 mW.

### 3. CONCLUSIONES

Se ha efectuado un estudio exhaustivo de las características dinámicas de los dispositivos AlGaAs PHEMT bajo iluminación láser. El modelo aquí presentado muestra una excelente correlación con los resultados experimentales, siendo además utilizable para transistores MESFET de AsGa.

### 4. REFERENCIAS

- [1] T. Fernández, Y. Newport, J. M. Zamanillo, A. Mediavilla, A. Tazón. "High Speed Automated Pulsed I/V Measurement System". 23rd European Microwave Conference, Madrid, Sept. 1993, pp. 494-496.

- [2] J.M. Zamanillo, C. Navarro, C. Pérez-Vega, A. Mediavilla, and A. Tazón "Large Signal Model Predicts Dynamic Behavior of GaAs MESFET Under Optical Illumination.". Microwave and Optical Technology Letters. Vol. 29 No.1, pp 25-31. April 5 2001.
- [3] J.M. Zamanillo, C. Navarro, J. Sáiz-Ipiña, C. Pérez-Vega and A. Mediavilla. "New Large Signal Electrical Model of GaAs MESFET Under Optical Illumination". European Microwave Week, GaAs 2001 proceedings, pp.167-170, London , Sept-2001.
- [4] E. Allemand and Y. Bonnaire. "Nonlinearities of the GaAs Submicrometer FET: New Mode of Characterization and Modelization", 18th European Microwave Conference Proceedings, Stockholm, Set.1988, pp.243-248.
- [5] C. Navarro, J.M. Zamanillo, A. Mediavilla, A. Tazón and J.L. García "New Optical Capacitance Model for GaAs MESFETs". Microwave and Optical Technology Letters. Vol. 26 No.1, July 5 2000, pp 16-21.

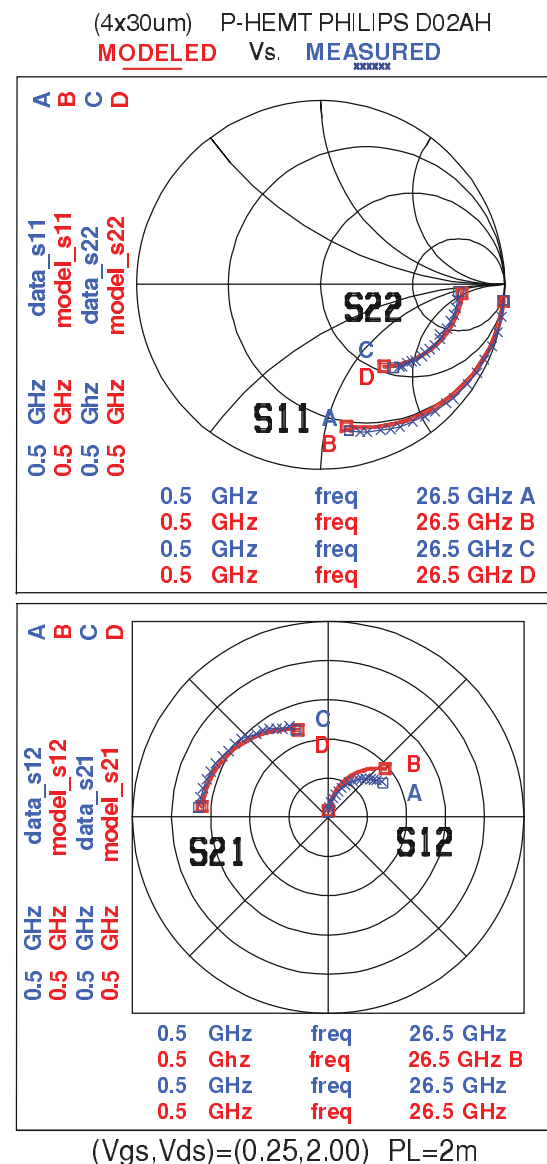


Figura 2. Simulación realizada en ADS entre los parámetros de Scattering medidos y modelados para un PHEMT de 4x30μm polarizado en Vgs=0.25, Vds=2V y PL=2 mW.